想　定　問　題

Ａ　Ｏ　入　試
（第４類）

総合問題

【筆記】　９：３０～１１：３０

【面接】１３：００～１６：３０

※　ここで示す【筆記】３問の問題は例であり実際の入試では同様な問題を１～２問出題する。

【筆記】

問題 1

コーヒーサイフォン（以下サイフォンという) は 19 世紀にヨーロッパで発明されたコーヒーを抽出するための器具である。洒落たカフェではサイフォンでいれたコーヒーを提供してくれることがあるが，味，香りだけではなく，いれる過程をも楽しむことができる。サイフォンは図 1-1 に示したように複数の部品から構成されており，コーヒーをいれる際にはこれらを使用する。これからコーヒーのいれ方に関する動画（3 分 30 秒) を繰り返し上映する。サイフォンでコーヒーをいれている様子をよく観察し，以下の問いに答えよ。なお，動画の再生が終わる前であっても解答を始めてよい。また，動画のキャプチャー画像を時系列に並べた配布資料を参考にしてもよい。試験後に，美味しいコーヒーが飲めるよう，がんばって問題に取り組んでもらいたい。

図 1–1

問 1

図 1-2(a) は上ボールと下ボールの接続部の拡大写真である。この接続部に要求される機能と，要求を満たすために上ボール (図 1-2(b)) について工夫されている点を考察せよ。
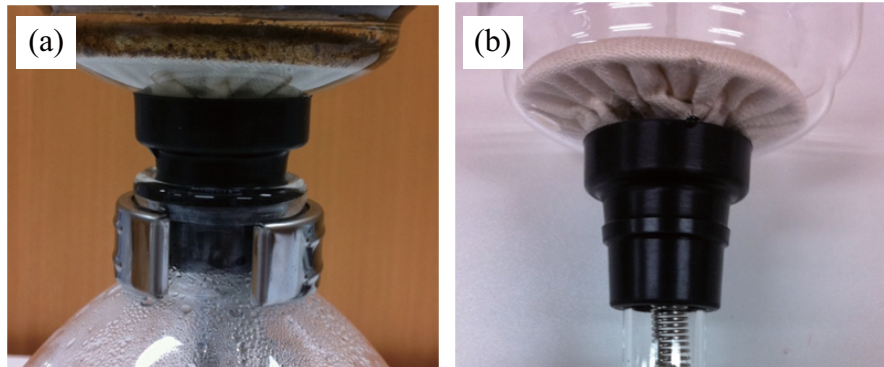
図 1–2

問 2

図 1-3(a) はろ過器の写真である。フィルタ，ばね，フック，玉鎖の順にそれぞれの部品が接続されている。使用の際には図 1-3(b) のようにフックを足管にひっかけて使用する。また，上ボールを下ボールに接続すると玉鎖の下部は下ボールの底に触れるようになる (図 1-3(c))。ばねを使用している理由，フックをひっかける理由，玉鎖が接続されている理由を考察せよ。
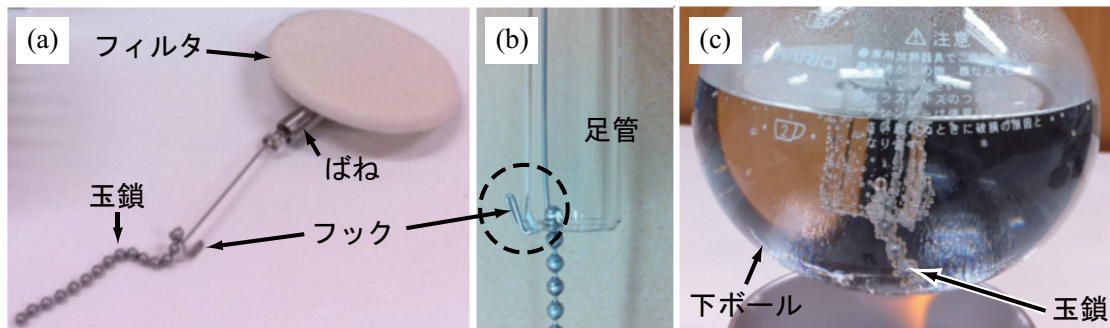
図 1–3

問 3

水が沸騰するまでの間，上ボールは下ボールに完全には接続させず，接続部に隙間を空けていた。沸騰前から完全に接続させた場合に起こりうる現象を推測せよ。

問 4

サイフォンでコーヒーを入れる過程を (A) 水が下ボールから上ボールに移動する過程，(B) コーヒーが上ボールから下ボールに移動する過程の二つにわける。この二つの過程について水およびコーヒーが上下に移動する理由を考察せよ。 また，両過程を通して下ボール内の圧力が時間と共にどのように変化するか，縦軸に圧力，横軸に時間をとってグラフで示せ。

問 5

サイフォンの取扱説明書を作成せよ。必要であれば作図してもよい。なお，取扱説明書には以下の 2 項目を考慮に入れて注意事項も明記すること。

- 使用者もしくは他人の生命，身体，財産を侵害する恐れを防ぐための事項
- 製品の機能を損なう恐れを防ぐための事項

問 6

ヨーロッパアルプスの最高峰モンブラン (標高 4810m) の頂上で，サイフォンを使ってコーヒーをいれることを考える。低地にいるときと同じ温度でコーヒーを抽出するためにはどのようにすればよいか述べよ。

【動画】 http://www.gakumu.titech.ac.jp/nyusi/etc/4rui_movie522345.wmv

＝配布資料＝

動画のキャプチャー画像

左下より

サイフォンコーヒー
の入れ方

右上へ

次ページへ

前ページより
左下より
終わり
右上へ

問題 2

模型飛行機を水平に放ち，水平に飛ばそうとしても，模型飛行機が上向きになったり，下向きになったりして，安定に飛ばすことは難しい。そこで，飛行機を安定に飛ばすための条件を考える。なお，以下の問いでは角度は全てラジアンで表されているものとする。また，問題の解答にはその導出過程も記すこと。

問 1

図 2–1 のように，翼が空気の流れを変えるときに，翼が空気から受ける力を考察する。
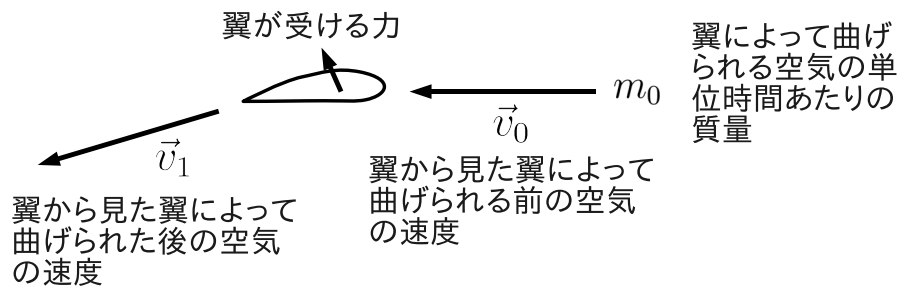
図 2–1

図 2–1 において，翼から見た速度 $\vec{v}_0$ の空気の流れが，翼によって曲げられ，速度 $\vec{v}_1$ に変化するものとし，その変化する空気の単位時間あたりの質量を m_0 とする。このとき，作用反作用の法則から，翼が空気から受ける単位時間あたりの力積を表すベクトルは，空気の単位時間あたりの運動量の変化を表すベクトルの符号を逆にしたものになる。空気の流れは時間的に一定であるものとする。この場合，翼が空気から受ける力も時間的に一定になるので，単位時間あたりの力積から，その力を求めることができる。
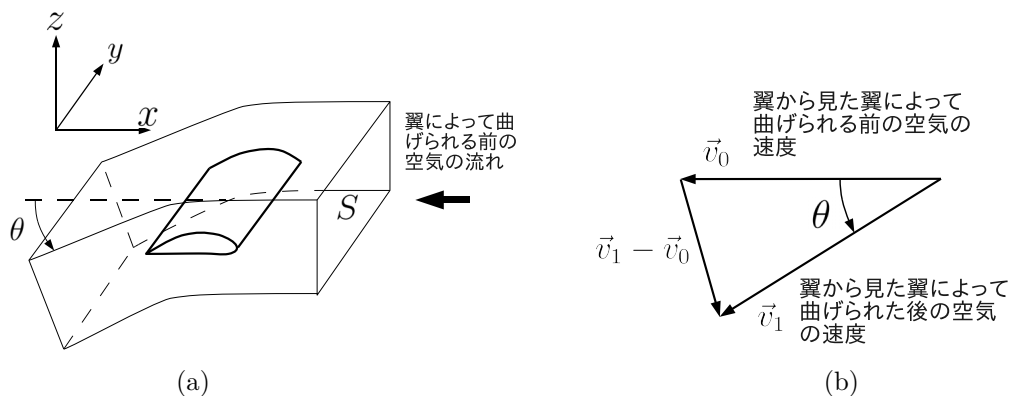
図 2–2

さらに，図 2–2 (a) に示す次のような場合を考える。

- z 軸方向正向が鉛直上向きである。
- 空気の密度 ρ は一定である。
- 翼によって曲げられる前の空気の速度 $\vec{v}_0$ の向きは，x 軸方向負向で，大きさは v である ($|\vec{v}_0| = v$)。

- 流れている空気のうち，yz 平面における断面積 S の部分を通るものだけが，翼によって zx 平面内における角度 θ だけ下向きに曲げられ，その速度が $\vec{v}_1$ になる。
- 翼によって曲げられた後も，空気の流れの速さは変わらない ($|\vec{v}_1| = v$)。

参考のため図 2–2 (b) で空気の速度の変化の様子を表す。このとき，次の問いに答えよ。

1-1　翼によって曲げられる単位時間あたりの空気の質量 m_0 を求めよ。

1-2　翼が受ける力の z 成分の値を求めよ。この力は翼を持ち上げようとする力であるため「揚力」と呼ばれる。

1-3　一般に，角度 γ の絶対値 $|\gamma|$ が小さいとき，$\sin\gamma \fallingdotseq \gamma$，$\cos\gamma \fallingdotseq 1$ と近似することができる。いま $|\theta|$ が小さいものとし，この三角関数の近似を使い，揚力の値を示せ。

問 2

次に示す図 2–3 のように飛行機が飛行している状況を想定し，主翼 (翼 1) と水平尾翼 (翼 2) による揚力が機体に与える影響を考察する。
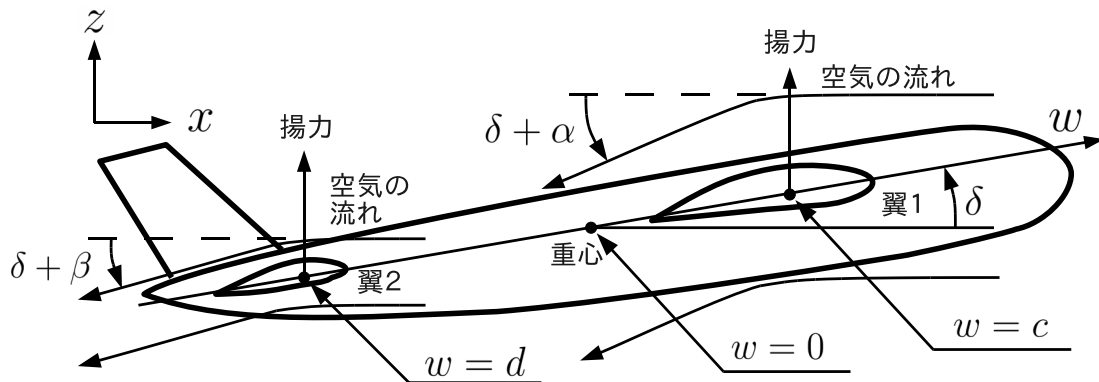
図 2–3

この考察を行うために，次のような場合を考える。

- z 軸方向正向が鉛直上向きである。
- 重力加速度の大きさ g と空気の密度 ρ は一定である。
- 機体は胴体と 2 つの翼からなり，翼 1 と翼 2 は胴体に固定されている。機体全体の質量を m とする。
- 翼 1 と翼 2 の揚力は，それぞれ，1 点で集中して受けるものとし，その 2 点と飛行機の重心は zx 平面に含まれる同一直線上にある。そして，図 2–3 のように，その直線上に w 軸をとる。
- 重心の w 座標を 0 とし，翼 1 と翼 2 の揚力を集中して受けると考える点の w 座標を，それぞれ，$c(\geq 0)$ と $d(\leq 0)$ とする。
- この 2 つ翼が発生する揚力と機体に作用する重力だけを考える。
- w 軸が x 軸に対してなす角を δ とする。δ は機体の傾きを表す。

- 空気が機体から見て x 軸方向負向に速さ v で流れており，両翼ともに直接その空気の流れを曲げる。すなわち，翼 2 は翼 1 の影響を受けない。
- 翼 1 と翼 2 が流れを変える空気の流れの断面積を，それぞれ，S_1 と S_2 とする。
- 機体が角度 δ 傾いているとき，翼 1 と翼 2 は，それぞれ，空気の流れを角度 $(\delta+\alpha)$ と角度 $(\delta+\beta)$ だけ下側に変える。
- 機体の傾き δ が変化しても，S_1，S_2，α，β は変化しない。
- $|\delta|$，$|\alpha|$，$|\beta|$ は小さく，問 1-3 の三角関数の近似を使うことができる。

このとき，次の問いに答えよ。

2-1　機体に加わる力の z 成分の値を示せ。

2-2　zx 平面内の機体の回転に対する重心まわりの力のモーメントの値を示せ。このとき，図 2–3 において機体を反時計回りに回転させる力のモーメントを正として記すこと。

2-3　機体に加わる力と，zx 平面内の機体の回転に対する力のモーメントがそれぞれつり合っているとき，角度 $(\delta+\alpha)$ と $(\delta+\beta)$ を求めよ。

2-4　$S_1=0.1\,\mathrm{m}^2$，$S_2=0.05\,\mathrm{m}^2$，$c=0.1\,\mathrm{m}$，$d=-0.1\,\mathrm{m}$，$\rho=1\,\mathrm{kg/m}^3$，$v=10\,\mathrm{m/s}$，$\alpha=0.05\,\mathrm{rad}$，$\beta=0.1\,\mathrm{rad}$ とする。このとき，問 2-2 の結果をもとに，δ と機体の重心まわりの力のモーメントの関係を，横軸を δ，縦軸を力のモーメントの値とするグラフで表せ。ここで，図示する δ の範囲は，$-0.1\,\mathrm{rad}$ から $0.1\,\mathrm{rad}$ とする。

問 3

問 2 の飛行機の zx 平面内の回転に対する安定性を考察する。ここでは,「安定」,「不安定」を次のように考える。
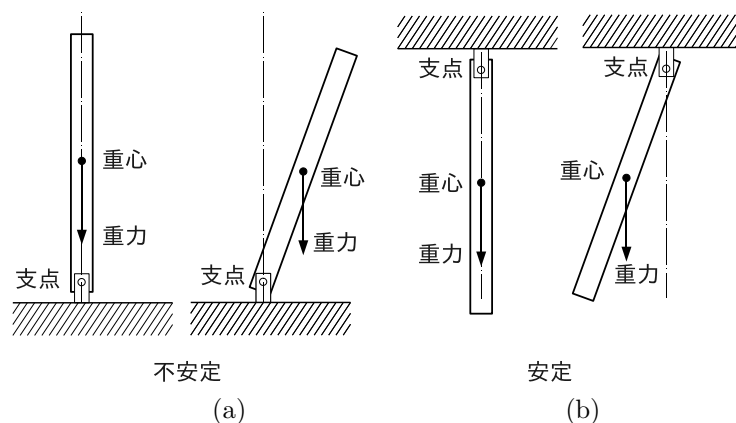
図 2–4

図 2–4 (a) 左側のように，棒がその下側を自由に回転する支点で支えられているものとする。鉛直に立っている場合は力のモーメントの値は0 となり，そのまま立っているように思える。しかし，図 2–4 (a) 右側のように少し傾いたときに，重力によって発生する力のモーメントが，棒を倒す方

向に働くために，棒は倒れてしまう。このような状態を「不安定」と呼ぶ。逆に図 2–4 (b) のように上側を支点とすれば，重力によって発生する力のモーメントは，傾きを戻す方向に働く。このような状態を「安定」と呼ぶ。この安定性に関して次の問いに答えよ。

3-1　$\delta = 0$ において力のモーメントがつり合い，zx 平面内の機体の回転に対して安定であるためには，その力のモーメントと δ の間にはどのような関係が必要か説明せよ。

3-2　機体に加わる重力 mg を 1 N とする。このとき，問 2-4 で与えた値で，$\delta = 0$ とすれば，機体に加わる力と，zx 平面内の機体の回転に対する力のモーメントはそれぞれつり合っているが，安定ではない。そこで，c，d，α，β の値だけを変えるとき，$\delta = 0$ のときに力と力のモーメントがそれぞれつり合い，問 3-1 で求めた条件を満たし安定となる c，d，α，β の値を求めよ。問題を解決できる値は無数にあるが，その中の 1 つを求めればよい。

問題 3

ある企業では新型ロボットの発売を目指して, 製品開発プロジェクトを始めるかどうかを検討している。新型ロボットの開発には, 3 年の開発期間と 1 年あたり 1 億円の開発費用が見込まれている。また開発が完了した後, 工場での生産開始までの準備期間として 1 年が見込まれている。この生産準備期間中は 1 年あたり 5000 万円の生産準備費用がかかると推定されている。さらに生産準備期間に生産設備を設置し, その費用 (設備設置費用) は一式で 2 億 5000 万円と計算されている。

生産準備完了後に受注を開始する。このロボットの生産には 1 年を要するため, 各年の初めまでに注文を受けた台数を生産し, 翌年に顧客に納めてその代金を売上として受け取る。生産には材料・エネルギー費として 1 台あたり 400 万円が必要となり, また生産台数に関係なく人件費として 1 年間に 7000 万円の費用がかかる。

このロボットは 5 年間販売する計画であり, 販売価格は 1 台あたり 1000 万円で, 毎年同じ台数（これを x 台とする）が売れると見込んでいる。顧客に納める際には, 現地でのロボットの据え付け・調整が必要となり, そのための運搬・部品費として 1 台あたり 100 万円がかかる。またこの据え付け・調整にかかる人件費として販売台数に関係なく 1 年あたり 2000 万円かかる。

なお, ここでは全ての金利は考えなくてよいものとする。

図 3-1 はこのロボットの開発開始から最後の年のロボットの据え付け・調整が終了するまでの期間の計画を示したものである。たとえば第 2 年目は開発期間中であるので, 1 億円の開発費用が必要である。また, 第 8 年目はロボット x 台を生産するので, 生産費用は 400 万円/台 $\times x$ 台 +7000 万円, そして前年に生産した x 台の据え付け・調整に必要な費用は 100 万円/台 $\times x$ 台 +2000 万円となり, 合計で $(400x + 7000 + 100x + 2000) = (500x + 9000)$ 万円の費用が必要である。一方, この年には前年 (第 7 年目) に受注した x 台分の代金が入るので, $1000x$ 万円の売上 (収入) がある。
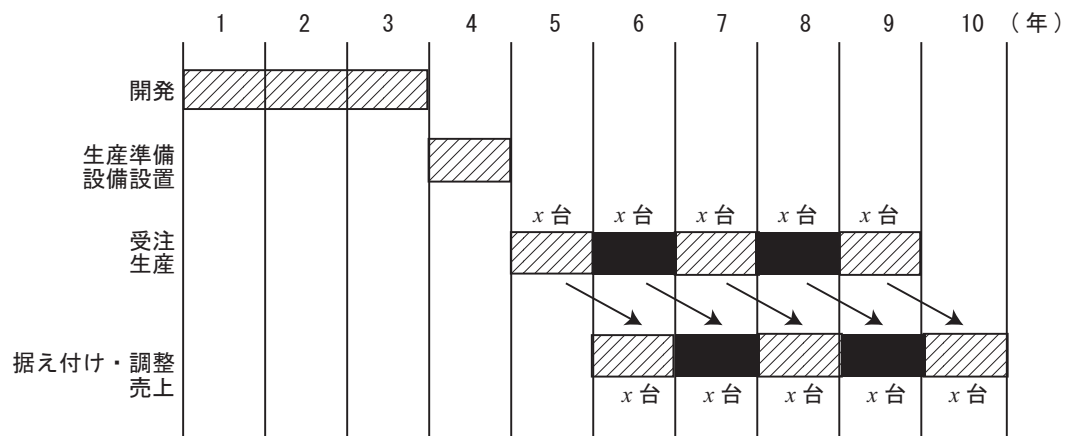
図 3-1　新型ロボットの開発から販売までの計画

このとき, 以下の各問いに答えよ。

問 1

上記の条件で, 1 年目〜10 年目までのそれぞれの年で, どのような費用がいくらかかるか, そして売上はどのようになるか, さらに利益はどうなるかを, 表 3-1 に数値, あるいは式を埋めて完成させ

よ。ここで利益とはその年の売上から費用の合計を引いたものとする。なお, 値が 0 の箇所は空欄のままでも構わない。

表 3-1　新型ロボットの開発から販売までの費用と売上および利益 (単位: 万円)

	1 年目	2 年目	3 年目	4 年目	5 年目	6 年目	7 年目	8 年目	9 年目	10 年目
開発費用										
生産準備費用										
設備設置費用										
生産のための材料・エネルギー費										
生産のための人件費										
据え付け・調整のための運搬・部品費										
据え付け・調整のための人件費										
費用合計										
売上										
利益										

問 2

問題文に記した条件で, 毎年の受注台数 x が何台以上見込めれば, このロボットの開発開始から最後の年のロボットの据え付け・調整が終了するまでの全期間 (以下, プロジェクト期間と呼ぶ) での累積利益 (期間を通した利益の合計) で黒字を確保できるか, その理由を示して答えよ。

問 3

3 年と見込まれている開発期間は, 実際には不確定な要因により最大でさらに 2 年延びる可能性がある。延長した開発期間に対しても同様に 1 年あたり 1 億円の費用がかかる。開発が完了してから生産準備に必要な期間もさらに最大でもう 1 年延びる可能性がある。この期間に対しても 1 年あたり 5000 万円の費用がかかるが, 設備設置費用は 2 億 5000 万円のまま変化しない。一方, 製品開発や生産準備が遅延し, 受注開始時期が遅れると競合他社の参入により受注台数が減少する可能性がある。受注開始時期の遅れ 1 年につき年間の受注台数は x の 10%ずつ減少し, 1 年遅れた場合 $0.9x$, 2 年遅れた場合 $0.8x$, 3 年遅れた場合 $0.7x$ となり, これらの値がそれぞれ 5 年間の販売期間を通して続くと予想されている。予想される最大の遅れが生じてもプロジェクト期間全体での累積利益を黒字に確保するためには x は何台以上でなくてはならないか, その理由を示して答えよ。

問 4

問 3 で述べた開発期間が延びる確率について, 1 年延びる確率は 30%, 2 年延びる確率は 10%と推定される。同様に生産準備期間が 1 年延びる確率は 20%と推定される。x が 200 台と予想されるとき, このプロジェクト期間全体の累積利益の期待値を求めよ。

問 5

あなたが, 製品開発プロジェクトを進めるかどうかの意思決定をする責任者になったとする。現実には上記で考慮した以外の要因がプロジェクトの進行に影響したり予期せぬ事態が発生したりして, 利益の予想が問 1〜問 4 の検討結果と大きく異なる結果になる可能性がある。あなたは責任者として, 他にどのような要因や事態を考えるべきか, 2 つ以上挙げ, それぞれどのように利益予想に影響するか, またその要因や事態に対してどのような予防や対処をすることが可能か, 考察せよ。

【面接】

［課題］

１．【説明資料作成】２０分程度

初めて微分を習う高校生に

微分とは何か

について説明したい。５分以内で説明するための資料を作成しなさい。

（注意事項）

・資料の作成時間は２０分程度。

・資料は配布されているＡ４用紙に作成すること（３～７枚程度）。

・資料作成では用意されている以下のもの以外を用いてはならない。

鉛筆，消しゴム，サインペン（黒，赤，青）。

２．【面接】１０分程度（説明：５分以内，質疑：５分程度）

・１．で作成した資料をカメラでプロジェクター（または大型テレビ）に映しながら面接員を「初めて微分を習う高校生」だと思って５分以内で説明しなさい。

・面接員の質問（説明の内容やその他の質問）に対して答えなさい。

【補足】面接実施方法

１．受験生は面接控室に集合。面接に対する説明を受けたのち待機。

２．順番が来た受験生は面接準備室に移動。課題を提示され，説明資料を作成。

３．面接室（個室）に移動して面接。